

A piston and ring assembly

Publication number: DE19504786

Publication date: 1995-09-21

Inventor: RAO V DURGA NAGESWAR (US); YEAGER DAVID ALAN (US)

Applicant: FORD WERKE AG (DE)

Classification:

- International: *F16J1/08; F16J9/06; F16J9/12; F16J9/20; F16J9/28; F02F3/00; F16J1/00; F16J9/00; F16J9/26; F02F3/00; (IPC1-7): F16J9/00; F02F5/00*

- European: F16J1/08; F16J9/06; F16J9/12; F16J9/20C; F16J9/28

Application number: DE19951004786 19950214

Priority number(s): US19940213400 19940314

Also published as:



US5490445 (A1)

GB2287521 (A)

Report a data error here

Abstract not available for DE19504786

Abstract of corresponding document: **GB2287521**

A piston and ring assembly (40) operative within a cylindrical bore wall to retain pressurised fluid to one side of the assembly, the piston having a crown and an annular side wall for movement along the bore wall comprises a piston having at least one annular groove (43) (the groove having an enlarged height of at least 4mm) in the side wall of the piston; at least two split compression rings (41, 42) in each said groove effective to each substantially annularly engage the bore wall, the rings having mating superimposed surfaces to facilitate movement of the rings in unison as a result of friction therebetween; a compressed elastomeric ring (32) (constituted of polysilanes, such as silastic with strengtheners) disposed in said groove (having a compression of 10 - 20% at room temperature), acting between the piston and ring most-remote from said piston crown, to resiliently bias at least said most-remote-ring against the bore wall; a solid film lubricant coating essentially all the sides of said groove (43); and non-mating surfaces (56 - 61) of solid lubricant carried by said rings (41, 42) to effect reduced friction between said rings and groove when being biased by said elastomeric ring.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 195 04 786 A 1

⑤① Int. Cl.⁶:
F 16 J 9/00
F 02 F 5/00

②① Aktenzeichen: 195 04 786.9
②② Anmeldetag: 14. 2. 95
②③ Offenlegungstag: 21. 9. 95

DE 195 04 786 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
14.03.94 US 213400

⑦① Anmelder:
Ford-Werke AG, 50735 Köln, DE

⑦④ Vertreter:
Bonsmann, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 41063
Mönchengladbach

⑦② Erfinder:
Rao, V. Durga Nageswar, Bloomfield Township,
Mich., US; Yeager, David Alan, Plymouth, Mich., US

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Kolben/Ring-Anordnung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine innerhalb einer zylindrischen Bohrungswandung arbeitende Kolben/Ring-Anordnung, welche unter Druck stehendes Fluid auf der einen Seite der Anordnung zurückhält, wobei der Kolben einen Kopf und eine ringförmige Seitenwand für eine Bewegung entlang der Bohrungswandung aufweist. Die Anordnung hat: einen Kolben mit zumindest einer ringförmigen Nut in der Seitenwand des Kolbens (wobei die Nut eine gegenüber dem Stand der Technik vergrößerte Höhe von mindestens 4 mm aufweist); zumindest zwei geteilte Verdichtungsringe in jeder Nut, mit der Wirkung, daß jeder derselben im wesentlichen ringförmig mit der Bohrungswandung in Kontakt steht, wobei die Ringe übereinanderliegende Paßflächen aufweisen, um eine durch die Reibung zwischen den Ringen bedingte einheitliche Bewegung der Ringe zu erleichtern; einen zusammengepreßten Elastomerring (der aus Polysilanen, wie z. B. Silastic mit Verfestigern besteht), der in der Nut (mit einer Kompression von 10 bis 20% bei Raumtemperatur) angeordnet ist und zwischen dem Kolben und dem am weitesten vom Kolbenkopf entfernten Ring wirkt, um zumindest den am weitesten entfernten Ring gegen die Bohrungswandung elastisch vorzuspannen; eine Festschmierstoff-Filmbeschichtung, welche im wesentlichen alle Seiten der Nut bedeckt sowie ungepaßte Oberflächen aus Festschmierstoff, die von dem Ringpaar getragen werden, um eine reduzierte Reibung zwischen den von dem Elastomerring vorgespannten Ringen und der Nut zu bewirken.

DE 195 04 786 A 1

Die Erfindung betrifft Kolben/Ring-Anordnungen und insbesondere Verbesserungen, die nicht nur das Spaltvolumen bei Kolben/Zylinder-Anordnungen reduzieren, sondern bei denen auch der Dichtungskontakt der Kolbenringe unter reduzierter Reibung über einen erweiterten Temperaturbereich, der sowohl sehr niedrige als auch sehr hohe Temperaturen einschließt, verbessert ist.

Diese Erfindung befaßt sich mit dem Problem der unterschiedlichen Wärmeausdehnung eines Kolbens relativ zu seiner Zylinderbohrungswand, welche bewirkt, daß die Kolbenringe entweder einen übermäßig festen Sitz gegenüber der Bohrungswandung bei extrem tiefen Temperaturen, wie z. B. -29°C (-20°F), oder ein übermäßig weiches Spiel bei hohen Temperaturen, wie z. B. 149°C (300°F), aufweisen. Die Federspannung herkömmlicher Kolbenringe reicht für eine Anpassung über derartig extreme Temperaturbereiche nicht aus. Weiterhin befaßt sich die vorliegende Erfindung mit einem oder mehreren von fünf weiteren Problemen, die für gegenwärtige Konstruktionen von Kolben/Zylinder-Anordnungen kennzeichnend sind: (i) extremes Spaltvolumen, (ii) extremes Durchblasen (blow-by) von Fluiden, (iii) vorzeitiger Ringermüdungsausfall, (iv) Verbrennung eingeschleppten Öls und (v) hohe Bearbeitungskosten für die Ringnuten.

Das Spaltvolumen (womit der Raum zwischen dem Kolben und der Zylinderbohrungswand, einschließlich der Nutenräume im allgemeinen bis zum Dichtungspunkt des unteren Verdichtungsringes gemeint ist) wächst mit dem Spiel zwischen dem Kolbenkopf und der Bohrungswandung und wächst mit der Nutengröße. Große Spaltvolumina treten bei den gegenwärtigen Kolben/Zylinder-Anordnungen für kommerzielle Automobilverbrennungsmotoren auf und ermöglichen somit das Vorhandensein von teilweise unverbranntem Kraftstoff und damit die Tendenz zu höheren Emissionen. Darüber hinaus wird beim Kaltstart eine größere Kraftstoffmenge in die Verbrennungskammer eingespritzt, um die Verbrennung zu starten und aufrechtzuerhalten, was dazu führt, daß der unverbrannte Kraftstoff nicht ohne weiteres von einem Katalysator während des Kaltstarts umgewandelt wird. Es ist auch zu berücksichtigen, daß der Kolben relativ zur Zylinderbohrung auf das kleinste Spiel unter Kaltstartbedingungen ausgelegt ist, wobei die Wärmeausdehnung des Kolbenmaterials relativ zum Bohrungsmaterial (d. h., Aluminiumkolben gegenüber einer Graugußbohrung) bewirkt, daß das Spaltvolumen bei höheren Temperaturen größer wird.

Ideal wäre ein Kolben, der sich innerhalb einer Zylinderbohrung ohne Spiel zwischen dem Kolben (Kopf oder Mantel) und der Bohrungswandung mit wenig oder keiner Reibung unter allen Betriebsbedingungen hin- und herbewegt. Um jedoch eine Beständigkeit der Grenzflächenmaterialien des Kolbens und der Zylinderbohrungswandung zu erzielen, sind die Materialien auf diejenigen eingeschränkt, welche eine unerwünschte Reibung erzeugen, wie z. B. Eisen oder Stahl beschichtet mit Nickel oder Chrom für die Kolbenringe, Eisen oder Aluminium für die Bohrungswände, welche manchmal mit verschleißfesten Beschichtungen beschichtet sind, und Eisen oder Aluminium für den Kolbenmantel, welcher manchmal mit verschleißfesten Beschichtungen beschichtet ist. Das Erzielen eines Spiels von Null ist noch schwieriger, da die Materialauswahl bewirkt, daß sich das Spiel für Kolben in typischen Graugußzylindern am

oberen Totpunkt verändert. Beispielsweise bewirken Aluminiumkolben eine Veränderung des Spiels zwischen 15 und 60 μm . Das Spiel kann sich unter Arbeitsbedingungen bei Wärme nahezu verdoppeln. Desweiteren kann die Zylinderwandung unter schwierigen Kaltstartbedingungen verschleifen, da möglicherweise kein Flüssigschmierstoff zwischen den Ringnuten vorhanden ist.

Das Durchblasen (blow-by) erlaubt Fluiden oder Verbrennungsgasen, hinter die Kolbenringe zu dringen und schließlich das Schmiermittel auf den anderen Seiten der Ringe zu verschmutzen und innerhalb des Schmiermittels selbst Asche zu erzeugen. Eine derartige Leckage kann durch eine Wanderung hinter die Rückseite, die Vorderseite oder durch die geteilten Enden der Ringe erfolgen. Eine Gasleckage wird üblicherweise von einer schlechten Ölfilmabstreifung begleitet, was es dem Öl ermöglicht, in die Verbrennungskammer mit der Folge einer Verschmutzung durch Ablagerungen an den Verbrennungskammerwänden hochzuwandern. Das Durchblasen — insbesondere die Vorderseitenleckage — reduziert die Kompression des Motors und nimmt dem Motor seine Nennleistung. Ein herkömmlicher Ring ist so ausgelegt, daß er den kleinsten Ringspalt bei Hochdruck/Hochlast-Bedingungen erzeugt, da der Hochdruck hinter dem Verdichtungsring einen besseren Dichtkontakt bedingt. Bei Zuständen kleiner Last und niedriger Drehzahlen liegt aber kein Gasdruck vor, womit der Ringspalt sehr ungleichmäßig wird. Der Gasdruck, welcher nach unten auf die Verdichtungsringe wirkt, kann auch, induziert durch hohe Reibung, den Ring gegenüber dem Boden der Nut oder gegenüber einem anderen Ring "einfrieren", wobei dieses die Fähigkeit, einen geeigneten Ringspalt zu der Bohrungswandung aufrechtzuerhalten, reduziert. Der Endspalt zwischen den Enden eines geteilten Kolbenrings kann ebenfalls bei hoher Drehzahl größer werden und damit eine noch größere Verbrennungsgasleckage ermöglichen.

Ein vorzeitiger Ermüdungsausfall eines Rings wird durch das Einfrieren der Verdichtungsringe auf ihren Nuten aufgrund von hohem Gasdruck verursacht, wobei der Kolben gegen die Bohrungswandung schlägt und dabei den eingefrorenen Ring gegen seine Spannung rüttelt und beansprucht, während er entlang einer nicht übereinstimmenden Zylinderwandung gezerzt wird. Da die hin- und hergehenden Kräfte ihre Größe und Richtung jedesmal bei 720° Kurbelwellendrehung wechseln, stellt eine solche Beanspruchung eine Stoßbelastung des Rings dar, wobei die Stoßbelastung zu Nutenverschleiß, Ringinstabilität (allgemein als Flattern bezeichnet) und schließlich zum Ringausfall aufgrund von Ermüdung führt.

Ein Verbrauch eingeschleppten Öls resultiert aus einer Art peristolischer Pumpwirkung von Öl, das zwischen dem Öring und dem zweiten Verdichtungsring (dem Raum neben dem Steg zwischen den zwei Ringen) eingeschlossen ist. Bei dem Aufwärtshub des Kolbens wird ein derartig eingeschlossenes Öl hinter den Verdichtungsringen nach oben oder hinter den Verdichtungsringen in die Verbrennungskammer gedrängt. Das in den Verbrennungsraum eingeschleppte Öl hinterläßt einen Rückstand oder Carbonablagerungen. Der Verbrauch eingeschleppten Öls kann signifikant sein, da Öl in dem Stegraum während des Ansaughubes bei Motorzuständen mit niedriger Drehzahl und niedriger Last effektiv nach oben gepumpt wird. Nach dem Stand der Technik hat man mit einigen Zwei-Ring-Konstruktionen

nen und Drei-Ring-Konstruktionen experimentiert, um dieses Problem zu lösen. Alle bisher vorgeschlagenen Konstruktionen haben jedoch entweder den Ölverbrauch bei verringerter Reibung erhöht oder den Ölverbrauch durch Erhöhung der Reibung mit höherer Ringspannung reduziert.

Schmale Ringe (mit niedriger Höhe) begrenzen den Kontakt mit der Bohrungswandung. Dünne oder schmale Nuten sind auf der Basis hoher Stückzahlen wesentlich teurer und schwieriger zu bearbeiten. Große Nuten mit Einzelringen haben sich als unzuverlässig erwiesen.

Die Geschichte der Kolbenringkonstruktionen für Automobilanwendungen zeigt wiederholte Versuche, das Durchblasen (Verlust der Kompression) mit der Erkenntnis, daß die Ringe nicht wirksam gegen die Bohrungswandung abdichteten oder der Erkenntnis, daß die Leckage über die die Ringe unterstützten Nuten auftrat, zu verhindern. Es wurden sowohl eine Vielfalt verschleißfester Beschichtungen auf die Ringnuten, als auch auf die ausgesetzte Umfangsfläche der Ringe (siehe Nickelbeschichtung gemäß US-PS 25 75 214; Chrombeschichtung gemäß US-PS 30 95 204 und eine Kombinationsbeschichtung aus Ni, Co-Mo oder Mo gemäß US-PS 3 938 814) aufgebracht. Das Flattern der Ringe unter Umkehrlast ließ trotz derartiger Beschichtungen eine Gas- und Fluidleckage zu, und man hoffte, diese durch Erhöhen des Dichtkontaktdruckes der geteilten Ringe in jeder der beabstandeten Nuten zu überwinden. Leider erhöht ein derartig erhöhter Kontaktdruck die Reibung, welche dann trotz der Ölschmierung zu einem möglichen Nut- oder Ringverschleiß führt.

Den Erfindern ist keine Konstruktion bekannt, bei der der Dichtdruck der Kolbenringe erfolgreich erhöht ist, ohne die Kolbenreibung insbesondere bei extrem hohen Temperaturen zu erhöhen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorstehend genannten Probleme mit einer wirtschaftlichen Lösung zu überwinden.

Erfindungsgemäß wird eine innerhalb einer zylindrischen Bohrungswandung arbeitende Kolben/Ring-Anordnung vorgeschlagen, um Fluid auf einer Seite der Anordnung zurückzuhalten. Die Anordnung weist auf: (a) einen Kolben mit zumindest einer ringförmigen Nut in der Seitenwand des Kolbens; (b) zumindest zwei geteilte Verdichtungsringe in jeder Nut, mit der Wirkung, daß jeder im wesentlichen ringförmig mit der Bohrungswandung in Kontakt steht, wobei die Ringe übereinanderliegende Paßflächen aufweisen, um die Möglichkeiten, sich gleichzeitig infolge der Reibung zwischen Ringen zu bewegen, zu erleichtern; (c) einen in der Nut angeordneten zusammengepreßten Elastomerring, der zwischen dem Kolben und dem am weitesten vom Kolbenkopf entfernten Ring wirksam ist, um zumindest den am weitest entfernten Ring elastisch gegen die Bohrungswandung vorzuspannen; (d) eine Festschmierstoff-Filmbeschichtung, welche im wesentlichen alle Seiten der Nut bedeckt; und (e) ungepaßte Oberflächen aus Festschmierstoff, die von dem Ringpaar getragen werden, um eine Gleitbewegung mit reduzierter Reibung entlang einer Nutseite unter einer Vorspannung durch den Elastomerring zu bewirken. Ein solche Anordnung reduziert das Durchblasen unter Druck stehender Fluide wesentlich, reduziert das Spaltvolumen, beseitigt das Pumpen von Öl in die Kammer oberhalb des Kolbens bei gleichzeitiger Reduktion des Flatterns der Verdichtungsringe und reduziert wesentlich einen vorzeitigen Ringausfall. Die Festschmierstoffschmierung unterstützt eine

Beseitigung des Festfrierens der Ringe an den Nutseiten, erhöht die Ringlebensdauer bis zur Ermüdung, verbessert die Ringspannung und reduziert die Motoremissionen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise aufgeschnittene Aufrißansicht einer herkömmlichen Kolbenkonstruktion nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine stark vergrößerte Schnittansicht eines Teils der Kolbenringanordnung von Fig. 1 nach dem Stand der Technik, welche zeigt, wie das Durchblasen stattfindet und wie eine Ölverschmutzung der Verbrennungsgase erfolgt;

Fig. 3 eine teilweise aufgeschnittene Aufrißansicht einer Kolbenkonstruktion, welche die Prinzipien dieser Erfindung verkörpert;

Fig. 4 und 5 jeweils perspektivische Ansichten eines Paares gepaßter übereinandergelegter Kolbenringe, die für die Erfindung zweckmäßig sind und einen Teil dieser Erfindung bilden, wobei jede Ansicht eine unterschiedliche schwalbenschwanzförmige Verzahnungskonstruktion für die geteilten Enden der Ringe darstellt;

Fig. 6 eine vergrößerte Teilansicht von Fig. 3;

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht des an einer Stelle aufgeschnittenen Elastomerrings;

Fig. 8 eine stark vergrößerte Ansicht eines Teils von Fig. 6;

Fig. 9, 10 und 11 noch weiter vergrößerte Ansichten gekennzeichneten Abschnitte von Fig. 8;

Fig. 12 eine Teilansicht, ähnlich Fig. 6 für eine alternative Ausführungsform;

Fig. 13 eine graphische Darstellung des Oktanzahlanstiegs als Funktion der Testzeit für einen Motor mit sich verändernden Kammerablagerungen; und

Fig. 14 eine mittige Schnittaufrißansicht eines Motors, welcher die Kolbenanordnung dieser Erfindung enthält.

Zum Verständnis dieser Erfindung seien zunächst einige Erläuterungen über die Funktion von Kolbenanordnungen nach dem Stand der Technik gegeben. Eine typische Kolben/Ring-Anordnung 10 nach dem Stand der Technik ist in den Fig. 1 und 2 dargestellt, die aus einem Kolben 11 mit einem Kopf 12, Seitenwänden 13, von der Seitenwand nach unten sich erstreckenden Kolbenmänteln 14 und einer Innenverbindungsstruktur 15 zum Verbinden des Kolbens mit einem Pleuelbolzen 16 besteht. Die Seitenwand weist drei ringförmige Nuten 17, 18, 19 auf, die jeweils zu der Ebene des Kolbenkopfes ausgerichtet sind und jeweils voneinander in einem axialen Abstand 20 von etwa 2 bis 10 mm angeordnet sind. Die oberste Nut 17 enthält einen ersten geteilten Verdichtungsring 21, die zweite Nut 18 enthält einen zweiten geteilten Verdichtungsring 22, und die unterste Nut 19 enthält einen Ölabstreifring 23. Die Ringe bestehen üblicherweise aus Grauguß oder Stahl und weisen in etwa dieselbe Wärmeausdehnungseigenschaft wie die der Bohrungswandung 24 auf, die sich durch das Gießen des Blocks oder durch die Verwendung einer Laufbüchse ergibt.

Der oberste Verdichtungsring 21 bewirkt eine Abdichtung zwischen der Verbrennungskammer 35 und dem Kurbelgehäuse 36. Der zweite Ring 22 weist primär die Funktion eines Ölabstreifers während des Abwärtshubes und daneben die Funktion einer Gasdichtung auf. Der Ölabstreifring 23 streift sowohl Öl während des Abwärtshubes von der Bohrung ab und er hält

auch einen Ölfilm in dem Raum zwischen dem obersten und dem zweiten Verdichtungsring während des Aufwärtshubes aufrecht, wobei der Ölsteuerring eine sehr hohe Spannung aufweist, um eine angemessene Abdichtung gegen den Gasdruck und auch eine effektive Ölabstreifung zu bewirken. Mehr als 50% der Kolbenringreibung gegenüber der Bohrungswandung sind dem Ölsteuerring zuzurechnen, und dieser Anteil ist sogar noch höher, wenn eine Bohrungsverformung vorliegt, die eine sehr hohe Ringspannung erfordert, um eine angemessene Abdichtung zu erzielen.

Jeder der Kompressionsringe ist so ausgelegt, daß er einen Ringspalt, wie z. B. bei 25, mit der Zylinderbohrungswandung 24 bildet, welcher ausreicht, um ein Übermaß unter den schwierigsten Arbeitsbedingungen (üblicherweise der Betrieb des Motors bei hoher Drehzahl und hoher Belastung) zu vermeiden. Ein derartiger Ringspalt 25 läßt jedoch bei Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors mit niedriger Drehzahl und niedriger Belastung ein signifikantes Durchblasen von Verbrennungsgasen 26 zu. Dieser vergrößerte Spalt bei Betriebsbedingungen mit niedriger Drehzahl und niedriger Belastung ergibt sich aus dem Festkleben des Ringes an den Nutenseiten während einiger Hübe und aus dem Wegziehen von den Nutenseiten während anderer Hübe. Die durchblasenden Gase enthalten sowohl Verbrennungsprodukte als auch unverbranntes Gemisch, was zu einer Verschlechterung der Ölschmierung (welche für die Aufrechterhaltung eines Schmierfilms 27 an der Zylinderbohrungswandung und anderen Teilen des Motors wichtig ist) führt. Da ein größerer Teil des Fahrzeugbetriebszyklus Bedingungen mit niedriger Drehzahl und geringer Belastung beinhaltet, macht eine Kontamination und Verschmutzung des Ölschmiermittels einen Wechsel des Öls und des Ölfilters in regelmäßigen Abständen erforderlich, was optimalerweise beseitigt werden sollte.

Jeder der Verdichtungsringe wird von dem auf die Oberseite derartiger Ringe einwirkenden Verbrennungsgas 26 beeinflusst, welches sie mit einem dem Gasdruck proportionalen Kraft gegen den Boden der jeweiligen Nuten drückt. Die Gase haben über ein Spiel 28 in jeder Nut, welches typischerweise 100 µm beträgt, Zugang auf die Oberseite der Ringe. Ein derartiger Gasdruck wirkt auch auf die radiale Innenoberfläche jedes Rings (wie z. B. die Oberfläche 29 von Ring 21), um die Spannkraft des Metallrings zu unterstützen. Die Kraft des Verbrennungsgases erreicht ihr Maximum in der Nähe des oberen Totpunktes nach der Zündung. Diese hohe axial gerichtete Kraft drückt die Ringe fortgesetzt gegen die Bodenseite der Nuten (wie z. B. die Bodenseite 30 der Nut 17) nach unten, wenn die kolbenseitige Belastung von der Seite niedrigen Drucks auf die Seite höheren Drucks wechselt. Der Kolben 11 erteilt jedoch eine seitliche Belastung, welche gegen die Bodenfläche der Ringe (wie z. B. die Oberfläche 21-1 des Ringes 21) wirkt, wenn sich der Kolben von der Seite niedrigen Drucks zu der Seite höheren Drucks bewegt, so daß die Ringe an der Bohrungswandung schaben. Nach dem Stand der Technik wurde irrtümlicherweise angenommen, daß eine derartige seitliche Belastung keinen Beitrag zu der Ringkontaktkraft zur Bohrungswandung liefert. Es wurde nun festgestellt, daß der Beitrag der Kolbenseitenbelastung gleich dem Produkt der Seitenbelastung und des Reibungskoeffizienten der Kontaktflächen ist. Wenn der Ring auf der Nutenseite (wie z. B. Seite 17) aufgrund hoher Reibung festklebt, ist die Ringkontaktkraft hoch. Jede Relativbewegung zwischen

dem Ring und der Nut ist sehr langsam und oszilliert unter einer derartigen Belastung, wobei mit hinreichender Genauigkeit angenommen werden kann, daß die Reibung zwischen dem Ring und der Nutenseite in den Bereich der Mischschmierungszone fällt, die einem Reibungskoeffizientenbereich von etwa 0,12 bis 0,15 entspricht. Dies ist ein hoher Reibungskoeffizient, und da die Reibungskraft zyklisch ist, kann sie einen Ermüdungsausfall des Metallkolbenrings herbeiführen.

Eine zyklische Stoßbelastung kann Ringflattern verursachen. Die sich aus der Kolbenbewegung ergebende Ringträgheitskraft, die Gasbelastung und die Reibungskraft zwischen dem Ring und der Bohrungswandung ändern sowohl die Richtung als auch die Größe mit jedem 720°-Zyklus der Kurbelwelle, wodurch die Nutenkanten, wie z. B. bei 31 und 32, einer zyklischen Stoßbelastung unterworfen werden. Unter bestimmten Bedingungen kann und wird Ringflattern auftreten (siehe die Verkantungswinkel 33 der Ringebene 34). Das Flattern kann an derartigen Kanten einen Nutenverschleiß bewirken, was das Spiel zwischen dem Ring und der Nut vergrößert. Oft kann die Nut sowohl am Nutengrund als auch an den Nutenkanten progressiv verschleifen. Ein übermäßiger Nutverschleiß bewirkt nicht nur Flattern, sondern auch eine Ringinstabilität. Die aus dem Nutverschleiß resultierende Beschädigung wird zunehmend schlimmer und kann, wenn Öl in derartig vergrößerte Spielräume ohne Abführung eintritt, aufgrund einer peristolischen Pumpwirkung während der Hin- und Herbewegung des Kolbens zu einem übermäßigen Ölverbrauch führen.

Das Öl wandert hinter den Ring 23 in den Raum 37 zwischen der Kolbenseitenwand 13 und der Bohrungswandung 24 und wird axial zwischen dem Ölabstreifring 23 und dem zweiten Verdichtungsring 22 verteilt. Derartige Öl kann während zyklischer Aufwärtshübe hinter die Verdichtungsringe 22 und 23 und demzufolge in die Verbrennungskammer 35 gepumpt werden. Der Ölverbrauch kann erheblich ansteigen, wenn sich Öl in dem Raum 37 während des Ansaughubes bei Betrieb des Motors mit niedriger Drehzahl und niedriger Belastung ansammelt.

Ein weiterer erheblicher Durchblasanteil tritt zwischen dem Endspalt der geteilten Ringe (dem Raum zwischen den geteilten Enden der Verdichtungsringe) auf. Die Verbrennungsgase können ihren Weg nach unten durch die Spalte der geteilten Ringe erzwingen, indem sie auf einem Weg um die Dichtringe herum hindurchtreten.

Die erfindungsgemäße Kolben/Ring-Anordnung unterscheidet sich hiervon deutlich. Eine bevorzugte Ausführungsform ist in den Fig. 3 bis 11 dargestellt, in denen eine Kolbenanordnung 40 mit zwei Verdichtungsringen 41, 42 dargestellt ist, die mit einer Passung (matingly) in einer einzigen in der Höhe vergrößerten Nut 43 übereinanderliegen, wobei die geteilten Enden 44, 45 jedes Verdichtungsrings axial zueinander nicht ausgerichtet übereinanderliegen. Vergrößerte Höhe bedeutet eine Nut mit einem Abstand 49 (welcher mindestens 2 mm und vorzugsweise etwa 4 mm beträgt), der sich zwischen den radial angeordneten Seiten 50, 51 der Nut erstreckt. Ein Elastomerring 52 ist zwischen dem untersten Ring 42 und dem Grund 53 der Nut 43 angeordnet. Obwohl der Elastomerring eine Höhe 39 im allgemeinen gleich der Höhe 38 des untersten Ringes 42 aufweist, kann sich unter dem Anfangsdruck während des Einbaus ein Anteil oder Nacken 62 des Rings in den Raum zwischen dem Nutgrund und dem obersten Ring 41 hin-

einwölben.

Ein herkömmlicher Ölabbstreifring 46 kann in einer in einem Abstand 48 von der Nut 43 beabstandeten Nut 47 verwendet werden. Das von dem Motor normalerweise für die Schmierung des Pleuelverbindungsbolzens 70 zugeführte Schmieröl 66 kann durch den Kanal 71 gefördert und verteilt werden, um die Innenseite 64 des Kolbens zu spülen und zu baden. Alternativ sind Ölstrahlen 72 aus in dem Kurbelgehäuse 74 über den Kurbelwellenhauptlagern gehaltenen Rohren 73 so gerichtet, daß sie die Innenseite 64 spülen. Dies reduziert die Kolbenwandtemperatur hinter den Ringen wirksam auf nur wenige Grade über der Öltemperatur, typischerweise auf gut unter 149°C (300°F) unter den meisten Bedingungen. Eine derartige Ölspülung entfernt die Hitze von dem Kolben insbesondere entlang dem Körper des Kolbenmetalls, welcher die Nuten 43 und 47 definiert. Dieses ist insbesondere wichtig, um eine Temperaturumgebung für den Ring 32 und für die Elastomermaterialien nach dem Stand der Technik, wie z. B. T-340L4 (welche aus Polysilan und Vitron bestehen) nicht höher als 177°C (350°F) unter den schwierigsten Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Um zu verhindern, daß Öl in dem Raum 67 zwischen den Örling 47 und den Ringen 41–42 eingeschlossen wird, stellt der Ablaufkanal 69 eine Verbindung zwischen dem Inneren 47 der Nut mit dem Inneren des Kolbens her, um ein Zurücklaufen des Öls in den Sumpf zu ermöglichen, wobei dies in Verbindung mit einem engeren Höhenspiel zwischen den Ringen 41–42 und ihrer Nut 43 so wirkt, daß im wesentlichen das peristolische Pumpen des Öl in die Verbrennungskammer des Motors beseitigt wird. Die Verdichtungsringe können aus herkömmlichem Eisen oder Stahl (ausgehöhlt zum Reduzieren der Masse und der Spannung) oder aus leichteren Materialien wie z. B. Aluminium hergestellt werden. Sowohl die Oberflächen der Nut 43 als auch die ungepaßten (non-mating) Oberflächen 56, 57, 58, 59, 60, 61 des Verdichtungsringepaares sind mit einem Festschmierstoff-Film in einer Beschichtungsdicke von etwa 10 µm oder weniger beschichtet. Die Beschichtung kann bei einem oder mehreren solcher Ringe weggelassen werden, wenn solche Ringe aus einem Festschmierstoffmaterial, wie z. B. Graphit bestehen. In einem derartigen Fall stellt der Ring gegenüber den Nutenseiten eine Schmierstoffoberfläche dar, es müßte dann aber an den Ringpaßflächen eine Beschichtung aufgebracht werden, um die Reibung dazwischen zu verbessern.

Die Nut kann insgesamt eine wesentlich größere Höhe aufweisen als es für Nuten nach dem Stand der Technik erlaubt war (die Nuthöhe war bisher von der Notwendigkeit bestimmt, die Ringe dünn zu halten, um die Ringspannung zu steuern). Die Nut mit vergrößerter Höhe kann ein Aspektverhältnis (Tiefe zu Höhe) aufweisen, welches kleiner als 10 und bevorzugt kleiner als 5 ist. Jeder Ring 41, 42 sitzt im wesentlichen in einem anderem Raum der Nut, wobei der oberste Ring 41 seine Oberfläche 55 mit der Oberseite 54 des untersten Ringes 42 in Kontakt stehen hat. Die unbeschichteten Paßflächen 54, 55 sollten einen Reibungskoeffizienten von 0,12 bis 0,15 oder mehr aufweisen. Ein Leckpfad #1, welcher hinter den Ringen (längs der Oberflächen 57 oder 59) und unterhalb beider Ringe (längs der Oberflächen 54 oder 60) verlaufen würde, ist unter allen Betriebsbedingungen verschlossen. Ein Leckpfad #2, welcher dem äußeren Umfang der Ringe (Oberflächen 58, 61) und der Bohrungswandung 68 folgen würde, ist geschlossen bzw. hat eine Öffnungsweite Null. Ein

Leckpfad #3 durch die Ringe zwischen den geteilten Enden wird wegen der nicht zueinander ausgerichteten Übereinanderlegung auf einen vernachlässigbaren Betrag reduziert.

Der Elastomerring 32 ist nur hinter dem unteren Verdichtungsring 42 angeordnet, um eine freie Bewegung des Ringes 42 auch unter extremen Betriebstemperaturen zu erlauben. Der Elastomerring sollte eine Kompression auch noch bei Temperaturen unter von -29°C (-20°F) aufweisen. Er dehnt sich bei Temperaturen in der Höhe von 177°C (350°F) signifikant aus, um eine Kompression auch bei diesen extrem hohen Temperaturen beizubehalten.

Wenn die Ringe aus Aluminium (wie z. B. aus der Legierung 6061 oder einer festeren) hergestellt werden und der Kolben aus einer Aluminiumlegierung gegossen wird, tritt nur eine kleine Veränderung im Spiel zwischen den Ringen und der Nut aufgrund von Wärmeausdehnung auf. Das Spiel kann in der Toleranz viel enger, beispielsweise auf 10 µm oder weniger, ausgelegt werden, wenn die Festschmierstoff-Filmbeschichtung (SFL-Beschichtung) für die Nut und die ungepaßten Oberflächen der Ringe eine sehr feine Partikelgröße aufweist, die eine gleichmäßig dünne und extrem glatte Schichtdicke sicherstellt. Der Elastomerring weist einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als der Kolben und die Ringe (etwa 10 mal so hoch wie der von Aluminium) auf, so daß die Ringe bei höheren Temperaturen mit einem geeigneten höheren Kontaktdruck gegen die Bohrungswandung gedrückt werden. Das Elastomer weist bei einer derartigen Ausdehnung eine Kompression von etwa 25% auf.

Die Merkmalskombination verhindert das Durchblasen (durch die Leckpfade #1, #2, #3) in der folgenden Weise: Der Verbrennungsgasdruck 63 drückt auf die Oberseite 56 des oberen Verdichtungsringes 41 und zwingt das Verdichtungsringpaar 41, 42 zum gegenseitigen Kontakt entlang ihrer nicht beschichteten Paßflächen 54, 55. Das Fehlen von Öl zwischen diesen Paßflächen und der normalerweise hohe Reibungskoeffizient (d. h., 0,12 bis 0,15) derartiger Oberflächen stellt sicher, daß sich das Ringpaar als eine Einheit oder als ein Verbund bewegt. Während der Kompressions- und Expansionshubes des Kolbens kann der obere Verdichtungsring 41 als wirksame Dichtung arbeiten. Wenn der Gasdruck 63 bei der Aufwärtsbewegung des Kolbens während des Kompressionshubes ansteigt, tritt sowohl ein entsprechender Druckanstieg an der Oberseite 56 des oberen Verdichtungsringes 41 als auch gegenüber der radialen Innenfläche 57 auf, was den oberen Ring 41 dazu zwingt, die inhärente Ringspannung zu unterstützen, um einen ausreichenden Kontakt gegenüber dem Ölfilm 66 an der Bohrungswandung 68 herzustellen. Der untere Verdichtungsring 42 unterstützt den oberen Ring aufgrund der Elastizität des Elastomerrings, welcher die Ringe 41 und 42 wegen der zwischen diesen wirkenden Reibung als eine Einheit bewegt. Die Unterseite 60 des unteren Verdichtungsringes 42 kann mit nur wenig oder keiner Reibung auf der Bodenfläche 50 der Nut wegen des Vorliegens der Festschmierstoff-Filmbeschichtung frei an dieser gleiten. Die vereinten Ringe, die sich seitlich frei bewegen können, üben eine Spannung gegen den Ölfilm an der Bohrungswandung aus. Der Gasdruck wird an einem Wandern zwischen dem oberen und dem unteren Ring aufgrund des Reibungsschlusses zwischen derartigen Ringen und der Abdichtung zwischen dem Elastomerring 32 und dem Ende 41-1 des oberen Rings gehindert. Der unter Kompression stehende Elastomer-

ring dichtet gegenüber dem Nutgrund ab und verhindert eine Gaswanderung hinter dem Ring 42. Der Leckpfad #1 ist somit blockiert. Ein Durchblasen zwischen den Außenkontaktflächen 61, 58 der Verdichtungsringe und der Bohrungswandung tritt nicht auf, da sich die Ringe frei ohne Festkleben oder Reibung radial einstellen können. Somit ist der Leckpfad #2 blockiert.

Obwohl die Spannkraft des unteren Verdichtungsringes etwas niedriger als die des oberen Verdichtungsringes ist, wird der obere Verdichtungsring von dem Gasdruck unterstützt, um eine ausreichende Abdichtung zu gewährleisten, die zu einem nur geringen oder keinem Durchblasen führt. Wegen des schnellen Anstiegs des Gasdrucks innerhalb des oberen Verdichtungsringes 41 besitzt dieser eine verbesserte Abdichtung. Der untere Verdichtungsring ist im wesentlichen als Ölfilmabstreifer (mit einer tonnenförmigen Außenkantenkontur) während der Abwärtsbewegung des Kolbens ausgebildet und trägt nur wenig oder überhaupt nicht zu einer Reibung bei.

Gemäß Darstellung in Fig. 5 liegen die geteilten Enden 44—45 des oberen und unteren Verdichtungsringes nicht zueinander ausgerichtet übereinander und können nachstehend als überlappend bezeichnet werden. Zusätzlich ist jedes Endenpaar der geteilten Enden schwalbenschwanzförmig verzahnt oder in einer Umfangsrichtung überlappt ausgebildet. Dieses Merkmal ist wichtig, da wegen der zwischen dem oberen und unteren Verdichtungsring aufrechterhaltenen engen Verbindung, die sich aus der Kraft des Gasdrucks ergibt, der Leckpfad für Verbrennungsgase (um durch jeglichen Spalt oder Abstand zwischen den geteilten Enden zu wandern) aufgrund dieses zweifachen Überlappungszustandes beseitigt ist. Gemäß Fig. 5 erzeugt die schwalbenschwanzförmige Überlappungskonstruktion sich überlappende Zungen, wie z. B. bei 44a und 45a. Gemäß Darstellung in Fig. 4 kann die Überlappung in einer radialen Richtung vorliegen, wodurch jedes der geteilten Enden 69b, 70 des Ringes in radialer Richtung gestuft ist, um eine Kerbe erzeugende Zungen 69b und 70 aufzubilden, wobei die Zungen in einer radialen Richtung des Ringes überlappt und die Ringenden in einer Umfangsrichtung überlappt sind. Da die übereinanderliegenden Ringe jeglichen direkten Pfad durch die Ringe hindurch blockieren, ist der Leckpfad #3 im wesentlichen beseitigt.

Die Kolben/Ring-Anordnung weist ein reduziertes Spaltvolumen auf. Ein solches Volumen wird (1) von dem Spiel zwischen den Verdichtungsringen und dem Nutgrund und den -Seiten, und (2) von der Auswahl der Materialien beeinflusst, welche (i) die Länge des zwischen dem Kolbensteg und der Bohrungswandung befindlichen Raumes über den Ringen und (ii) den radialen Spalt des Steges über den Ringen gegenüber der Bohrungswandung beeinflussen. Wenn eine hochfeste Legierung (Aluminium oder Eisen) für den Kolben gewählt wird, kann der Stegraum verkürzt werden, und wenn das Kolben- und das Bohrungswandmaterial gepaart sind, können die Wärmeausdehnungsunterschiede gesteuert werden, um den radialen Stegspalt zu reduzieren. In jedem Falle erlaubt diese Erfindung eine Reduzierung des Spaltvolumens um 25% gegenüber dem Stand der Technik.

Durch das leichte Gleiten der Verdichtungsringe als eine Tandemeinheit innerhalb der vergrößerten Nut wird die laterale Bewegung der Ringe erleichtert und somit das Flattern und Kippen der Ringe innerhalb ihrer Nuten wesentlich reduziert. Zustände nach dem Stand

der Technik, welche zu Ringermüdungen führten, sind nun wegen des Vorhandenseins der Feststoffschmierung und des Einbaus eines Öl Ablaufs 69 beseitigt. Der Ablauf steht mit dem Steg 72 zwischen dem Ölring und der Nut 43 und mit dem Ölsumpf 73 des Kurbelgehäuses in Verbindung, wodurch das peristolische Pumpen von Öl hinter die Kompressionsringe im wesentlichen beseitigt ist. Der untere Verdichtungsring 43 bildet, da er im Reibungsschluß mit dem oberen Verdichtungsring verbunden ist und frei auf dem Nutboden gleitet, mit einer langsamen aber beschleunigten Abwärtsbewegung der Kolben eine Kombination, die eine verbesserte Ölfilmabstreifung gewährleistet, die nur wenig oder kein Überschußöl in die Verbrennungskammer wandern läßt, wobei das abgestreifte Öl durch den Raum 67 zum Ablauf 69 hin zum Sumpf abgeleitet wird. Das Spiel 74 zwischen der Oberseite des Ringes 41 und der Nutoberfläche 75 ist (wenn die vereinten Ringe durch die Druckkräfte gegen den Boden der Nut niedergedrückt werden) nicht größer als etwa 60 µm. Ein derartiges Spiel 74 bewirkt zusammen mit dem reibungsfreien Gleiten der Ringe eine Beseitigung des Flatterns und des Kippens.

Die im wesentlichen vollständige Beseitigung der Aufwärtswanderung des Öls in die Verbrennungskammer (durch peristolisches Pumpen) ist wichtig, da sie Carbonablagerungen aus dem Öl an den Verbrennungskammerwänden verhindert. Solche Ablagerungen zwingen die Motorkonstrukteure, das Motorverdichtungsverhältnis niedriger zu halten, um ein von heißen Ablagerungen verursachtes Vorzünden oder Klopfen zu verhindern. Mit dieser Erfindung (welche im wesentlichen ein Spiel von Null zu dem dünnen Ölfilm an der Bohrungswandung und die vollständige Beseitigung des peristolischen Ringpumpens von Öl in die Verbrennungskammer durch Verringerung des Spaltvolumens und des Flatterns gewährleistet) kann das Verdichtungsverhältnis für eine vorgegebene Kolbengröße erhöht werden (z. B. auf 10,5 anstatt 9,8), was eine Verbesserung der Motorleistung, welche bis zu 5% höher sein kann, erbringt.

Das Material der Festschmierstoff-Filmbeschichtung umfaßt nicht nur Graphit oder irgend ein Einzelschmiermittel sondern eine spezifische Kombination von Festschmierstoffmitteln, welche sich bei hohen Temperaturen (zumindest bis zu 149°C (300°F)) günstig verhalten und Öl anziehen. Die Schmiermittel werden von einem Polymer oder Trägermaterial getragen, welches die Regenerierung des Schmiermittels mit Wasser bei hohen Temperaturen unterstützt. Die Festschmierstoff-Filme der Beschichtung weisen ein Gemisch von mindestens zwei ausgewählten Elementen aus der Graphit, MoS₂ und BN enthaltenden Gruppe auf, wobei das Gemisch von einer Polymeremulsion für die Abscheidung getragen wird, das Polymer (Polyamid-Typ) die Filmbeschichtung an seinem anodisierten Träger anhaftet und eine Kohlenwasserstoffanziehung (Ölanziehung) bereitstellt. Falls Graphit gewählt wird, sollte es in einer Menge von 29 bis 58 Gewichtsprozenten des Gemisches vorliegen. Graphit wirkt als Festschmierstoff üblicherweise bis zu Temperaturen von etwa 204°C (400°F). Molybdändisulfid sollte, wenn es gewählt wird, in einer Menge von 29 bis 58 Gewichtsprozenten des Gemisches vorliegen, wobei von größter Bedeutung ist, daß es die Tragfähigkeit des Gemisches bis zu einer Temperatur von mindestens 304°C (580°F) erhöht, aber bei Temperaturen über 304°C (580°F) in einer Luft- oder nichtreduzierenden Atmosphäre versagt. Molybdändisulfid reduziert die Reibung bei Abwesenheit von

Öl oder in der Anwesenheit von Öl und nimmt, was ganz besonders wichtig ist, Belastungen von $0,690 \times 10^5$ Pa (10 psi) bei solchen Temperaturen auf. Molybdändisulfid ist ebenfalls ein ölziehendes Material und eignet besonders bei dieser Erfindung. Bornitrid sollte, wenn es gewählt wird, in einer Menge von 7 bis 28 Gewichtsprozenten des Gemisches vorliegen, wobei es die Stabilität des Gemisches bis zu Temperaturen in der Höhe von 371°C (700°F) erhöht und gleichzeitig die Temperatur für die Beimengungen von Molybdän und Graphit stabilisiert. Bornitrid ist ein wirksames ölziehendes Material.

Die Steuerung der Partikelgröße der einzelnen Beimengungen für das Feststoffschmiermittelgemisch ist wichtig, um die Notwendigkeit einer nachfolgenden Bearbeitung zu vermeiden. Die Partikel sollten ultrafein und nicht größer als $4\text{ }\mu\text{m}$ sein. Graphit kann in einem Bereich von $0,5$ bis $4,0\text{ }\mu\text{m}$ in das Gemisch eingebracht werden, Molybdändisulfid in einem Bereich von $0,3$ bis $4,5\text{ }\mu\text{m}$ und Bornitrid mit $5\text{ }\mu\text{m}$. Das Gemisch wird typischerweise in einer Kugelmühle gemahlen, um eine mittlere Partikelgröße von $0,3$ bis $4,0\text{ }\mu\text{m}$ zu erzeugen. Bornitrid kann Belastungen von $0,345 \times 10^5$ Pa (5 psi) aufnehmen, aber ein Gemisch aus Graphit und Bornitrid in dem vorgenannten Polymer kann Belastungen in der Höhe von $3,45 \times 10^6$ Pa (500 psi) bei Temperaturen bis zu 204°C (400°F) aufnehmen.

Das optimale Gemisch enthält alle drei Beimengungen, welche eine Temperaturstabilität bis zu Temperaturen in der Höhe von 371°C (700°F), eine Belastungskapazität deutlich über $0,690 \times 10^5$ Pa (10 psi) und ein hervorragendes Ölziehungsvermögen gewährleisten. Die Kombination aller drei Elemente liefert einen Reibungskoeffizienten, welcher bei Raumtemperatur in dem Bereich von $0,07$ bis $0,08$ liegt und einen Reibungskoeffizienten von $0,03$ bei 371°C (700°F) aufweist.

Das warmhärzbare Polymer besteht vorzugsweise aus Epoxidharz oder Polyamid, wie z. B. Epon, das in einer Menge von 20% bis 60% des Gemisches vorhanden ist. Das Polymer bildet bei Temperaturen von $190,5^\circ$ (375°F) Quervernetzungen, wodurch sich eine feste zementartige Struktur ausbildet, welche einen Kohlenwasserstoff- und Wasserdampftransport zum Graphit bewirkt, wobei Öl angezogen und eine hervorragende Haftung auf einer Aluminiummetallunterlage ermöglicht wird, welche mit einem esterartigen Phosphatepoxyd wie z. B. Zinkphosphat vorbeschichtet wurde. Das Polymer sollte auch ein Abbindemittel in einer Menge von 2 bis 5% des Polymers, wie z. B. Dizyandiamid enthalten und kann auch ein Dispergiermittel in einer Menge von $0,3$ bis $1,5\%$, wie z. B. 2,4,6-Tri(dimethylaminoethyl)phenol enthalten. Die Träger für ein solches Polymer können Lösungsbenzine oder Butylazetat sein.

Gemäß Darstellung in Fig. 12 kann die vergrößerte Nut 77 bei 78 gestuft sein. Dieses unterteilt die Nut in einen oberen Raum und einen unteren Raum, wobei die Stufenhöhe im allgemeinen der Höhe des unteren Verdichtungsringes 79 angepaßt ist. Der Gasdruck wirkt auf die Oberseite des oberen Verdichtungsringes 80, um die übereinanderliegenden Ringe zusammen und gegen den Boden der Nut 77 zu drücken, wobei die Ringe an ihren Paßflächen eine hohe Reibung aufweisen, damit sie als eine Einheit arbeiten. Der obere Ring 80 dichtet gegen die Oberseite der Stufe 78 ab, während er auf dem unteren Ring in Passung aufliegt. Der Elastomerring 81 ist in der Höhe etwas kleiner als die Stufe und wirkt nur gegen die Innenfläche 82 des Ringes 79, wobei der Ring

beim Einbau zusammengedrückt wird, um eine radial auswärts gerichtete Vorspannkraft auf den Ring 79 auszuüben.

Die gestufte Konfiguration der Verdichtungsringnut ist von großer Bedeutung. Sie beseitigt das Kippen der Ringe innerhalb der Nut aufgrund des Doppelhebels, der sich aus der Stufe und dem unteren Ring ergibt, wenn ein Kippen ausgelöst würde. Wegen des dauernden Kontaktes der koordinierten Ringe mit dem Boden der Nut unter den Bedingungen, wie sie meist durch den Druck der Verbrennungskammern erzeugt werden, werden die Ringe gemeinsam nach unten gedrückt. Die Fähigkeit der Ringe, innerhalb einer derart gestuften Nut zu kippen oder zu flattern, ist signifikant reduziert.

Die Erfindung umfaßt auch ein Verfahren zur Reduktion des Kolbenring-Durchblasens an einer ölbenetzten Zylinderbohrungswandung 68 eines Verbrennungsmotors 83. Das Verfahren reduziert die Schadstoffemissionen 84 aus dem Motor, reduziert die Kontamination des Motoröls 85 für ein Schmiermittel und ermöglicht einen Betrieb des Motors 83 bei höheren Verdichtungsverhältnissen mit verbessertem Wirkungsgrad. Das Verfahren weist unter Bezugnahme auf Fig. 14 die Schritte auf: (i) Bereitstellen eines Kolbens 86 mit einer ringförmigen Nut 43, die mit einem bei hohen Temperaturen (wie z. B. mindestens 316°C (600°F)) stabilen Festschmierstoff-Film 76 beschichtet ist; (ii) Einsetzen eines Paares übereinanderliegender Verdichtungsringe 41, 42 in Passung in eine derartige gestufte Nut, wobei die geteilten Enden der Ringe nicht ausgerichtet übereinander liegen und im wesentlichen alle ungepaßten Oberflächen der Ringe mit einem bei hohen Temperaturen stabilen Festschmierstoff-Film 76 beschichtet sind; und (iii) Ausführen der Hin- und Herbewegung der Kolbenanordnung in der Bohrungswandung 68 zur Ausführung eines Motorbetriebs. Ein Viertaktbetrieb umfaßt die Ansaugung oder Einspritzung eines brennbaren Gemisches in die Verbrennungskammer 87, so wie es von dem Einlaßventil 88 zugelassen wird, die Zündung durch eine Zündfunkenvorrichtung 89 und das Austreten von Emissionen 84 über ein Auslaßventil 90, (wobei sich der Kolben 86 hin- und herbewegt, um eine Pleuelwelle 91 über ein Pleuel 92 anzutreiben, während die Bohrungswandung und der Kolben mit Öl gespült werden, von dem ein Ölfilm 76 zurückbleibt), wodurch die Ringe 41, 42 aufgrund der Passungsreibung dazwischen als eine Einheit arbeiten und sich radial frei als eine Einheit mit wenig oder keiner hemmenden Reibung bewegen, während ein Dichtungskontakt mit der Bodenseite 50 der Nut und mit dem Ölfilm 65 der Bohrungswandung beibehalten wird.

Da das Durchblasen und das Ölpumpen im wesentlichen beseitigt sind, sind die Emissionen 84 im Schadstoffgehalt bis zu 20% reduziert. Weiterhin ist die Ölwanterung daran gehindert, zu den Kohlenwasserstoffen in der Verbrennungskammer beizutragen. Außerdem wird der Ölvorrat nicht verbraucht und das Öl bleibt im wesentlichen aschefrei und unkontaminiert, da die Verbrennungsgase nicht in das Ölreservoir wandern können. Unkontaminiertes Öl wird durch einen mit dem Ölsumpf in Verbindung stehenden Kanal 69 abgeleitet. Die signifikante Reduzierung der Ringreibung und der verbesserte Spannungskontakt mit dem Ölfilm der Bohrungswandung führt zu einer Verbesserung der Kraftstoffausnutzung (bis zu 3%), einem verminderten Ringverschleiß bis zu 75% und einem geringeren Motorgeräusch aufgrund des verschwindenden Kolbenringspiels.

1. Kolben/Ring-Anordnung, welche innerhalb einer zylindrischen Bohrungswandung arbeitet, um unter Druck stehendes Fluid auf der einen Seite der Anordnung zurückzuhalten, wobei der Kolben einen Kopf und eine ringförmige Seitenwand für eine Bewegung entlang der Bohrungswandung besitzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung aufweist:

- (a) einen Kolben mit zumindest einer ringförmigen Nut in der Seitenwand des Kolbens;
- (b) zumindest zwei geteilte Verdichtungsringe (41, 42) in jeder Nut, mit der Wirkung, daß jeder im wesentlichen ringförmig mit der Bohrungswandung in Kontakt steht, wobei die Ringe übereinanderliegende Paßflächen aufweisen, um die gleichzeitige Bewegung als ein Ergebnis der Reibung dazwischen zu erleichtern;
- (c) einen in der Nut angeordneten zusammengepreßten Elastomerring (32), der zwischen dem Kolben und dem am weitesten vom Kolbenkopf entfernten Ring wirkt (42), um zumindest den am weitesten entfernten Ring gegen die Bohrungswandung (68) elastisch vorzuspannen;
- (d) eine Festschmierstoff-Filmbeschichtung (76), welche im wesentlichen alle Seiten der Nut bedeckt; und
- (e) ungepaßte Oberflächen aus Festschmierstoff, die von den Ringen getragen werden, um eine reduzierte Reibung zwischen den Ringen und der Nut zu bewirken, wenn sie durch den Elastomerring vorgespannt sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Zylinderbohrungswandung in einem Verbrennungsmotor befindet und der zusammengepreßte Elastomerring (32) seine Druckelastizität bei Temperaturen zwischen -29°C (-20°F) und $+149^{\circ}\text{C}$ ($+300^{\circ}\text{F}$) beibehält.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastomerring (32) aus einem Material besteht, das aus der (i) Polysilane und Silastic (ein von der Firma Dow-Corning oder General Electric hergestellter Verfestiger) und (ii) Fluorpolymere enthaltenden Gruppe gewählt wird, wobei diese Gruppe durch eine Fähigkeit gekennzeichnet ist, bis zu Temperaturen von mindestens 232°C (450°F) ohne wesentliche Quervernetzung, welche die Zugdehnung um etwa 25% reduziert, stabil zu bleiben.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Nut (43) eine Höhe von mindestens 2 mm aufweist, und die ungepaßten Festschmierstoffflächen aus Graphit bestehen.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastomerring (32) eine Kompression von etwa 10 bis 20% bei Raumtemperatur während des Einbaus, eine Kompression von 5% bei -29°C (-20°F) und eine Kompression von etwa 25% bei 149°C (300°F) aufweist.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie ferner eine Einrichtung zum Kühlen der Kolbeninnenseite aufweist, um unter allen Betriebsbedingungen zu ver-

hindern, daß das Elastomer eine Temperatur von 149°C (300°F) überschreitet.

7. Kolben/Ring-Anordnung, welche innerhalb einer Zylinderbohrung eines Verbrennungsmotors arbeitet, wobei der Kolben einen Kopf und eine ringförmige Seitenwand für eine Bewegung entlang der Bohrungswandung besitzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung aufweist:

- (a) Wände, die eine oder mehrere gestufte Nuten in der Seitenwand begrenzen;
- (b) ein Paar übereinandergelegter geteilter Verdichtungsringe mit Passung in jeder Nut, wobei jeder so wirkt, daß er eine elastische Umfangsdichtkraft gegen die Bohrungswandung ausübt, daß sie aber zusammen so wirken, daß sie als Ergebnis der Reibung zwischen ihnen als eine Einheit arbeiten, und daß die Ringe so dimensioniert sind, daß der obere Ring sowohl mit der Stufe als auch mit dem unteren Ring in Kontakt stehen kann, wenn der untere Ring gegen eine Seite der Nut abdichtet;
- (c) einen Elastomerring (32), der nur zwischen der Stufe und dem unteren Ring arbeitet, so daß er den unteren Ring gegen die Bohrungswandung bei Temperaturen von -29°C (-20°F) elastisch vorspannt und sich mit der Erwärmung ausdehnt, wenn die Temperatur auf 149°C (300°F) steigt, um die Dichtkraft des unteren Ringes zu steigern; und
- (d) eine Festschmierstoff-Filmbeschichtung, welche die Nut und die ungepaßten Oberflächen der Ringe bedeckt, um einen Kontakt mit niedriger Reibung dazwischen sicherzustellen, wobei der Festschmierstoff-Film aus mindestens zwei von den Stoffen Graphit, MoS_2 und BN besteht.

8. Kolben/Ring-Anordnung mit extrem kleinem Spaltvolumen, welche innerhalb einer Zylinderbohrungswandung arbeitet, wobei der Kolben einen Kopf mit einer sich davon nach unten erstreckenden ringförmigen Seitenwand für eine Bewegung entlang der Bohrungswandung besitzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung aufweist:

- (a) Wände die eine oder mehrere gestufte Nuten in der Seitenwand begrenzen;
- (b) mindestens zwei geteilte Verdichtungsringe in jeder Nut, wobei jeder so wirkt, daß er eine elastische Umfangsdichtkraft gegen die Bohrungswandung ausübt, wobei die Ringe übereinandergelegt sind, um als eine Einheit zu arbeiten, um eine Abdichtung zwischen dem Kolben und Bohrungswandung bereitzustellen, und die geteilten Enden der Ringe zueinander nicht ausgerichtet übereinanderliegen, und der untere der Ringe eine Dicke aufweist, die im allgemeinen der Höhe der Stufe angepaßt ist, um dem oberen Ring zu ermöglichen, sowohl mit der Stufe als auch mit dem unteren Ring während der Abdichtung in Kontakt zu stehen;
- (c) einen Elastomerring, welcher jedem Ringpaar zugeordnet ist und so arbeitet, daß er nur den unteren der Ringe elastisch gegen die Bohrungswandung vorspannt; und
- (d) eine Festschmierstoff-Filmbeschichtung auf den Oberflächen der Nut und den ungepaßten Oberflächen der übereinanderliegenden

den Ringe.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolbenkopf den heißen Verbrennungsgasen ausgesetzt ist und die Bohrungswandung ölgeschmiert wird, damit sie einen sich längs der Wandung erstreckenden Ölfilm aufweist, so daß der unterste Verdichtungsring als Ölabstreifring dient, um einen ausreichenden Ölfilm sicherzustellen, wobei die Anordnung die zusätzliche Einrichtung eines Schrittes (e) umfaßt, um ein wärmeabsorbierendes Fluid auf die Innenseite des Kolbens aufzubringen, um die Temperatur des Elastomerrings zu steuern.

10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringe aus einem auf Aluminium basierenden Metall hergestellt sind, der Festschmierstoff-Film aus einem Gemisch von mindestens zwei der Stoffe, Graphit, Bornitrid und Molybdändisulfid besteht, und der Elastomerring aus Polysilan oder Silastic (mit Verfestigern) besteht.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Nutstufe rechtwinklige Oberflächen aufweist, und daß der Elastomerring zwischen der Stufe und dem unteren Ring so arbeitet, daß er bei Raumtemperatur eine Kompression von 10 bis 20% aufweist.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen der obersten Nut und dem Kolbenkopf nicht größer als 10 mm ist, und daß der Kolben aus einer Aluminiumlegierung mit einer Zugfestigkeit von $1,724 \times 10^8$ bis $3,311 \times 10^8$ Pa (25 000 bis 48 000 psi) besteht.

13. Anordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1, dadurch gekennzeichnet, daß die übereinandergelegten Ringe und der Elastomerring im wesentlichen das Volumen der Nut ausfüllen, bis auf (i) einen radialen inneren Raum zwischen der Nut und dem oberen Ring und (ii) einen Spaltspielraum zwischen dem Ringpaar und den Seitenflächen der Nut, wobei der Spalt kleiner als $60 \mu\text{m}$ ist.

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdichtungsringe schwalbenschwanzförmig verzahnte geteilte Enden aufweisen.

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzahnungskonstruktion der geteilten Enden in einer Umfangsrichtung angeordnet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

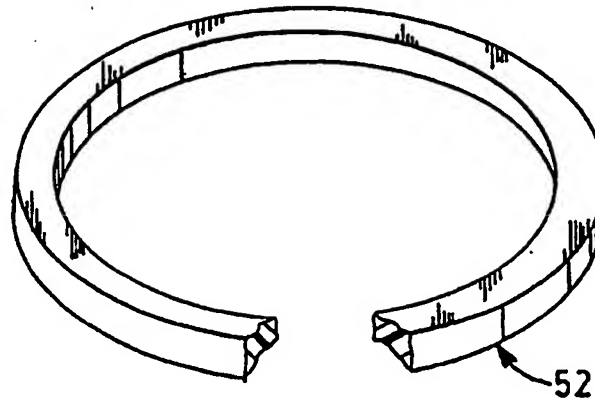


FIG-7

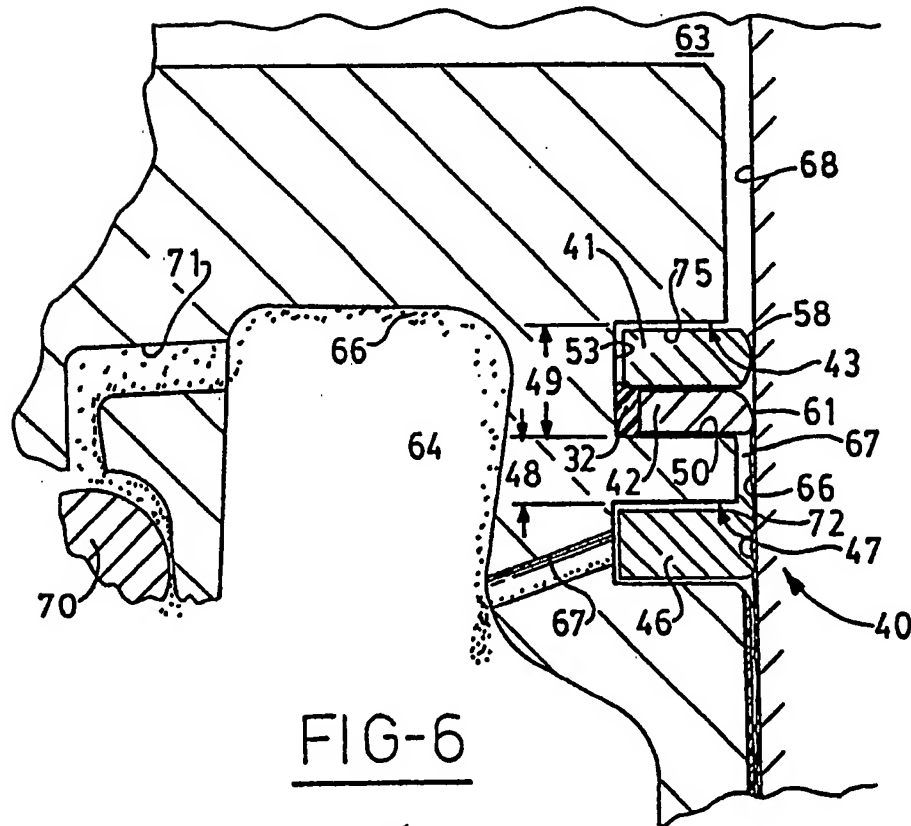


FIG-6

X

FIG-1
STAND DER TECHNIK

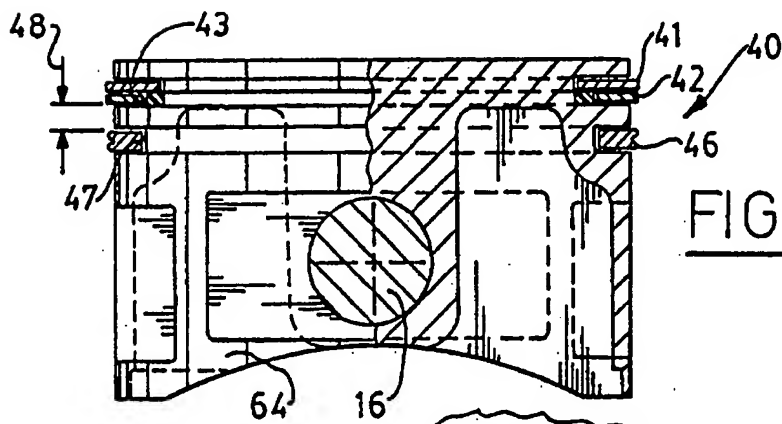
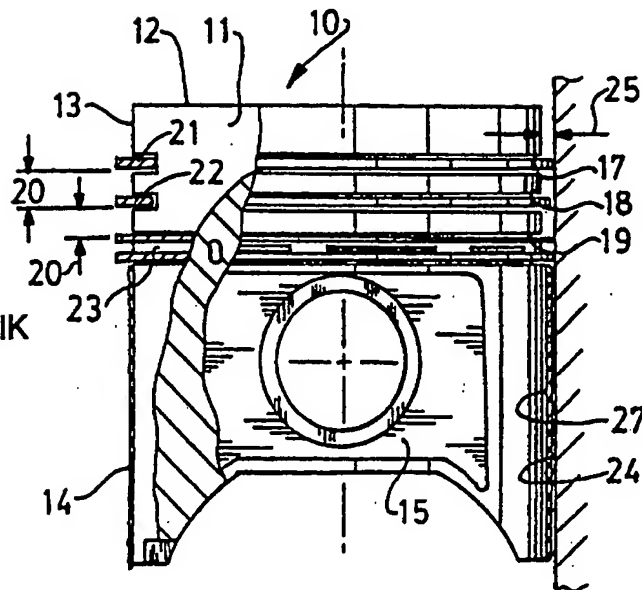


FIG-3

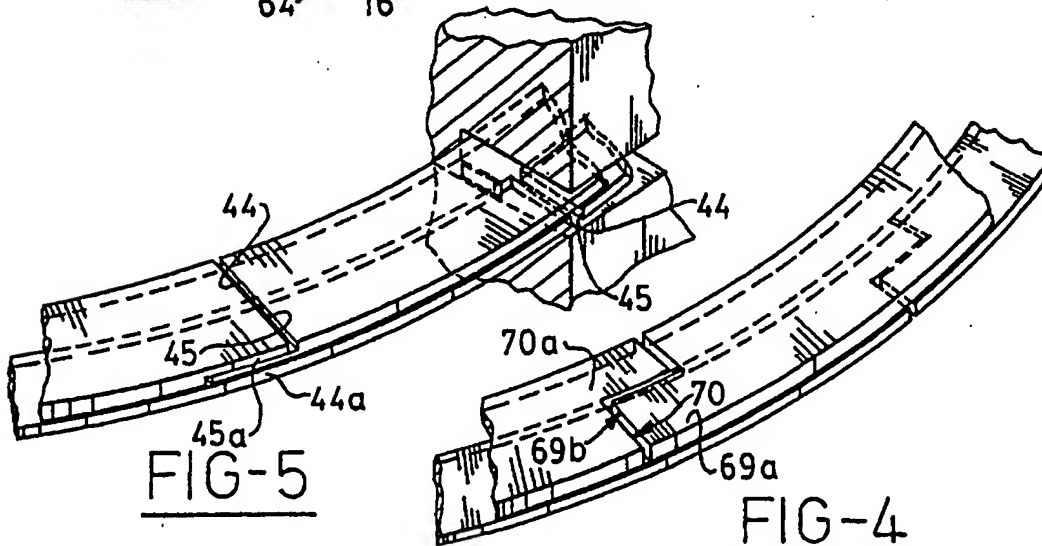
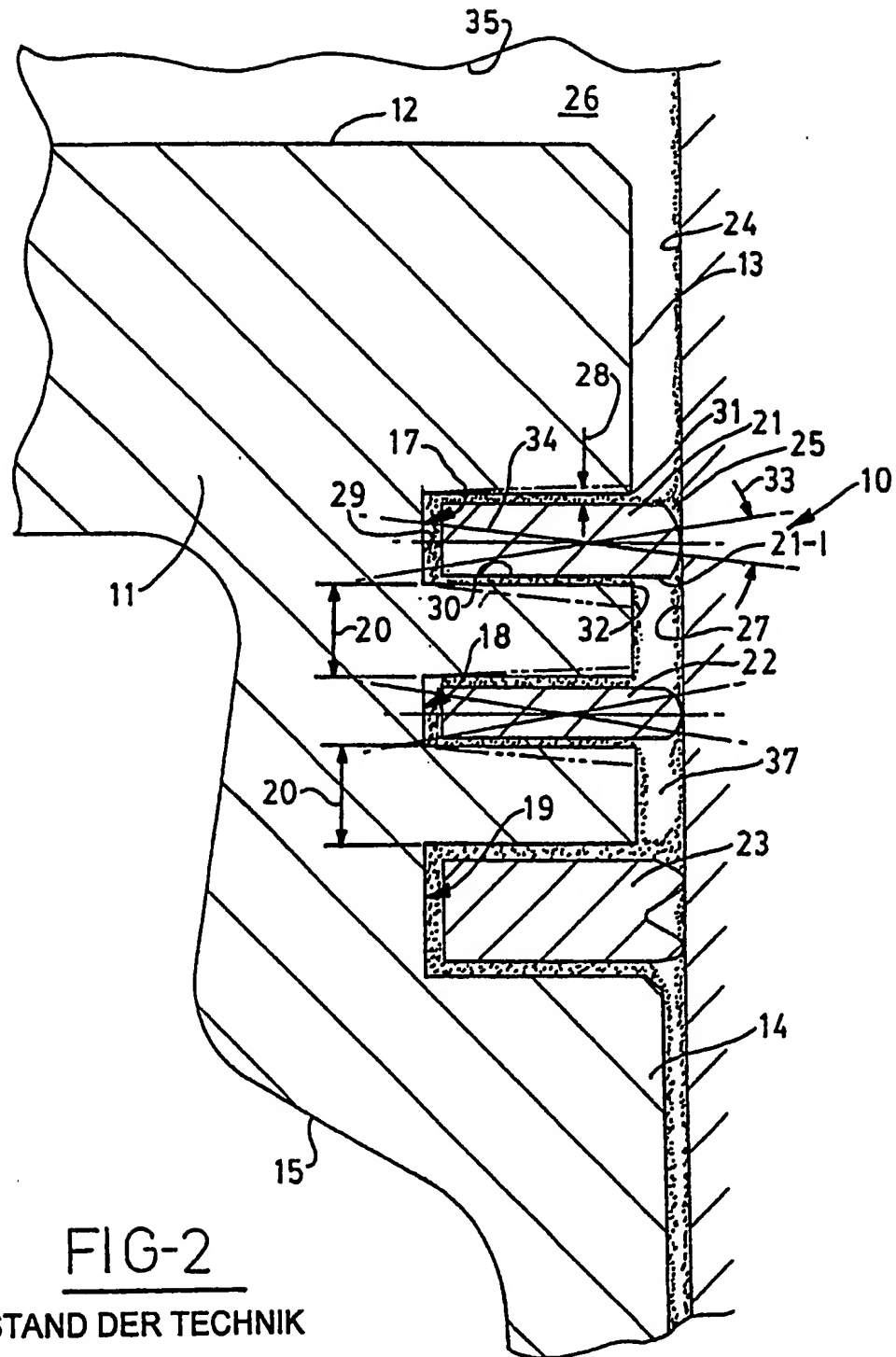
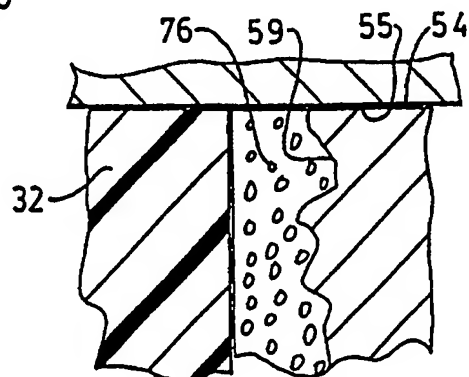
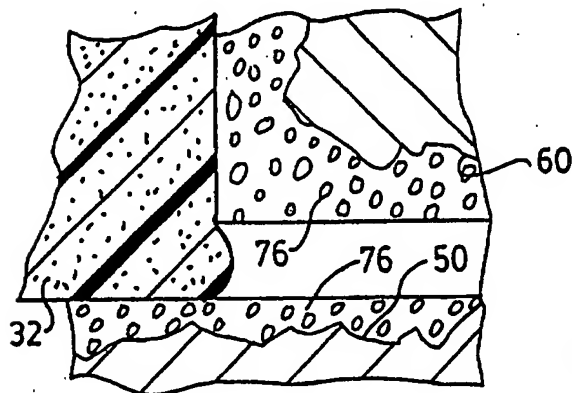
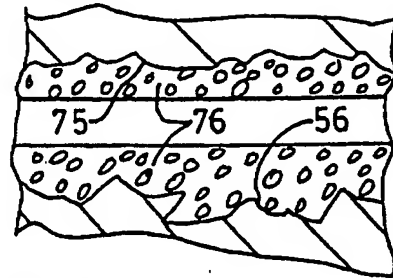
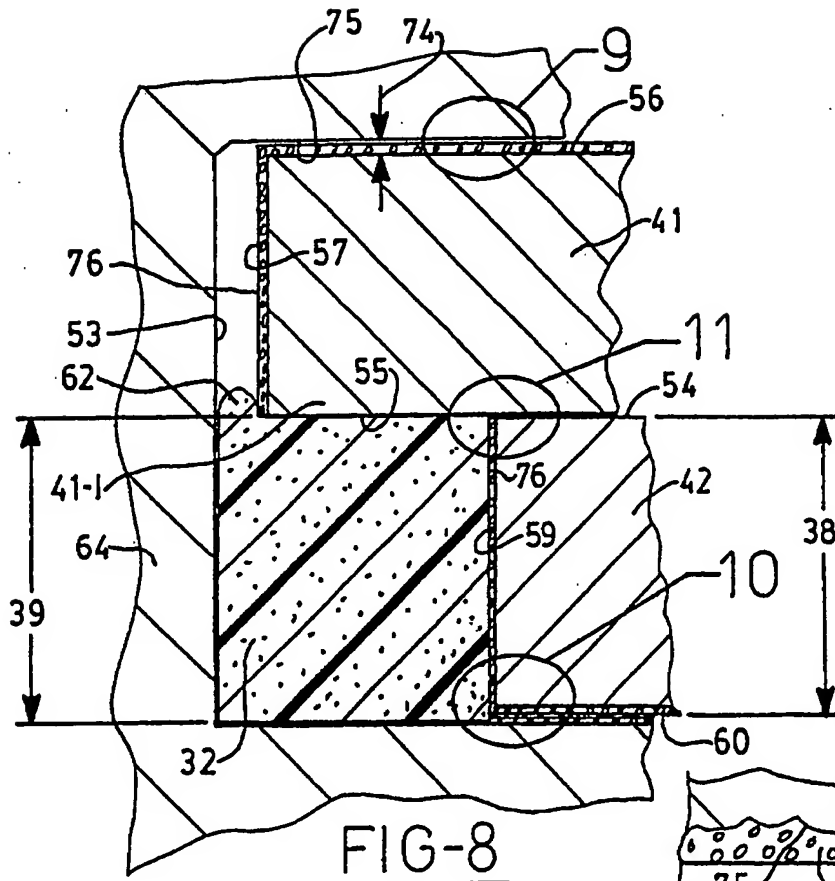


FIG-5

FIG-4





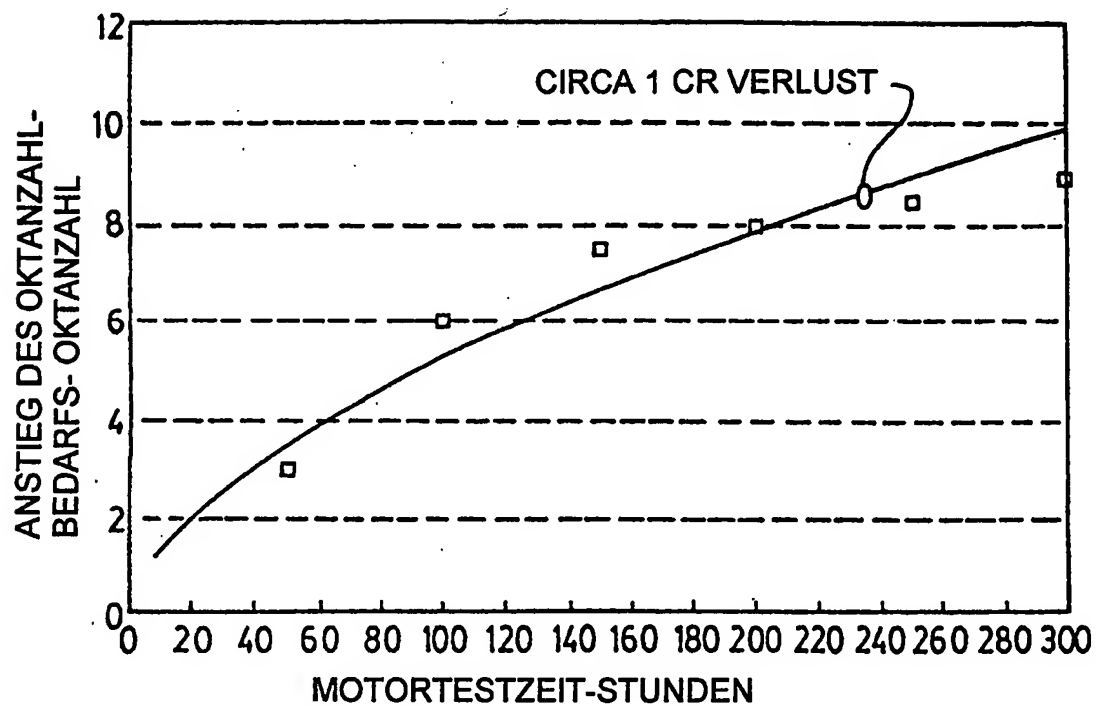


FIG-13

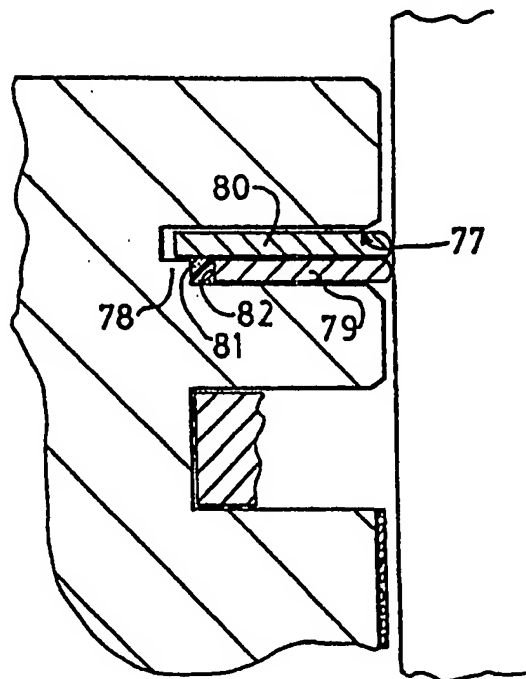


FIG-12

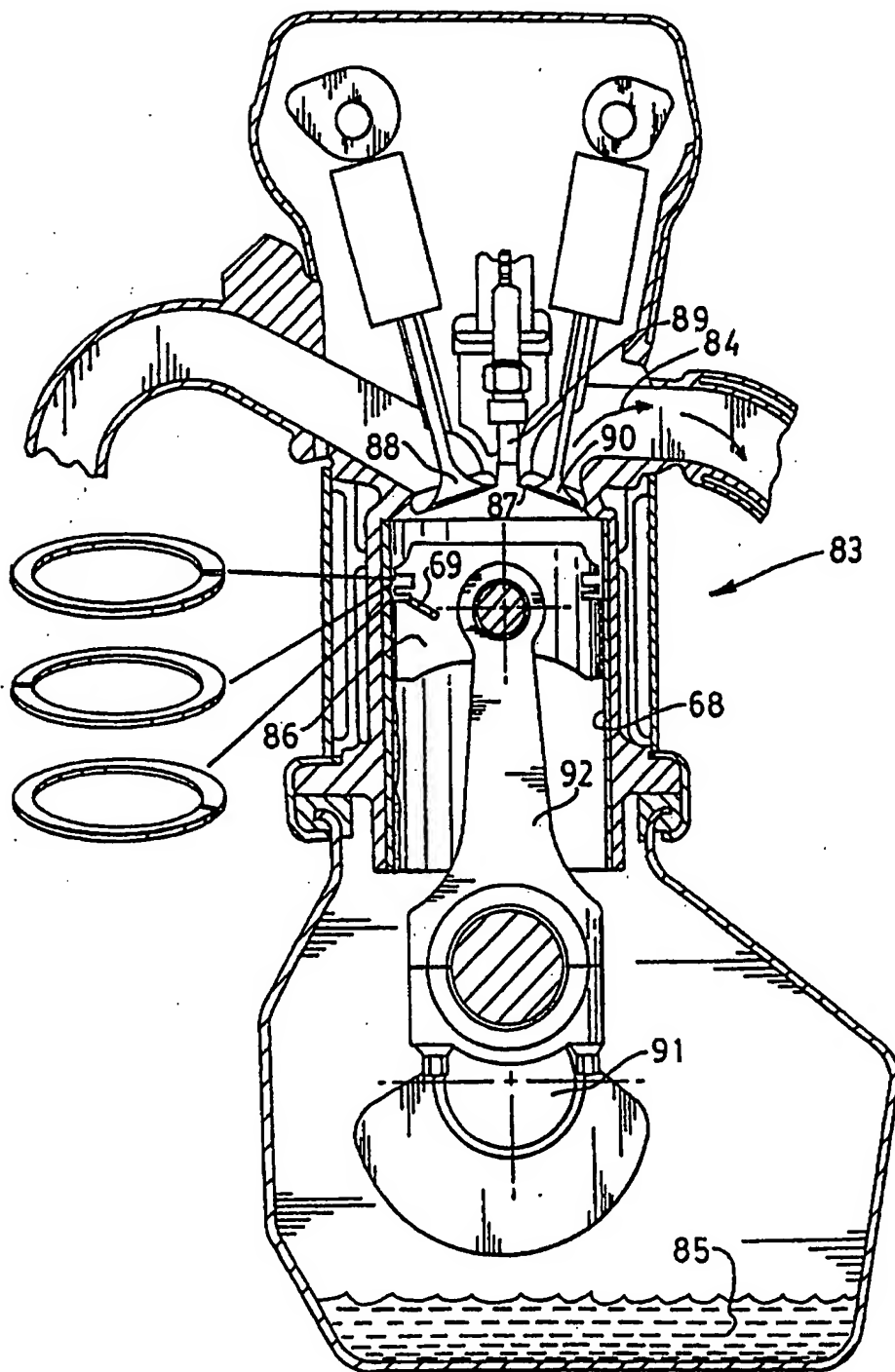


FIG-14